



## **POLUIÇÃO MARINHA POR RESÍDUOS ORGÂNICOS ORIGINADOS DA LIMPEZA DE INCRUSTAÇÃO DE EMBARCAÇÕES: UMA REVISÃO**

<sup>1</sup> Yan Valdez Santos Rodrigues (SENAI-CIMATEC) – [yanvaldez@gmail.com](mailto:yanvaldez@gmail.com); <sup>2</sup> Leonardo Oliveira Santos de Santana (SENAI-CIMATEC) – [leosantana049@gmail.com](mailto:leosantana049@gmail.com); <sup>3</sup> Edna Dos Santos Almeida (SENAI-CIMATEC) – [ednasa@fiieb.org.br](mailto:ednasa@fiieb.org.br); <sup>4</sup> Cesar Roberto Goes Carqueija (SENAI-CIMATEC) – [cesar.carqueija@fiieb.org.br](mailto:cesar.carqueija@fiieb.org.br).

**Resumo:** O presente artigo trata-se de uma revisão sistemática de artigos sobre limpeza de incrustação de embarcações. Para tanto, foram pesquisados artigos publicados entre 1998 e 2018 nas bases Web of Science, Capes, Google acadêmico e PubMed. Após um tratamento com critérios de exclusão: duplicidade, aderência com o tema e presença de artigos completos, foram obtidos 33 artigos para análise. Eles indicam que há uma concentração de abordagens sobre os impactos e novas tecnologias quanto as incrustações, principalmente em revistas como a “Marine Pollution Bulletin” e “The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research”, sendo que o ano de 2009 foi o que teve o maior número de publicações e os principais países de origem destas foram Austrália, USA e China.

**Palavras-Chaves:** Poluição; Incrustações; Resíduos; Embarcações; Limpeza de navios.

## **MARINE POLLUTION FROM ORGANIC WASTE ORIGINATED FROM THE SHIPS CLEANING OF INCRUSTATION: A REVIEW**

**Abstract:** The present article deals with a systematic review of articles on cleaning of ship incrustation. For that, articles published between 1998 and 2018 were searched in databases like Web of Science, Capes, Google Scholar and PubMed. We use a exclusion criteria: duplicity, adherence to the theme and presence of complete articles, After this selection, 33 articles were obtained for analysis. They indicate that there is a concentration of approaches on impacts and new technologies on fouling, especially in magazines as “The Marine Pollution Bulletin” and “The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research”. The year of 2009 having the highest number of publications and the countries of origin of these were Australia, USA and China.

**Keywords:** Pollution; fouling; waste; ships; Cleaning of vessels.



## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da navegação marinha, o casco das embarcações é um local adequado para o crescimento de organismos marinhos. Segundo o IBAMA (2018)<sup>[1]</sup> “A bioincrustação começa a se instalar poucos minutos após qualquer substrato, incluindo cascos de navios, ao entrar em contato com a água do mar, caso não tenha sido aplicada proteção anti-incrustante. Inicialmente forma-se um filme bacteriano (biofilme) que serve de base para uma sucessão da comunidade incrustante”. Estas incrustações ocasionam diminuição significativa da eficiência operacional, aumento nos custos operacionais, danos nas estruturas e aumento no consumo de combustível.

Por estes motivos há a necessidade de remoção destas incrustações, porém foi observado que os resíduos se constituem de organismos marinhos e de material sólido proveniente de resquícios da pintura do casco, que usualmente são recobertos com tintas anti-incrustantes contendo, em sua maioria, agentes biocidas, que precisam ser tratados e/ou dispostos de forma ambientalmente adequada ou podem ocasionar danos a organismos marinhos.

Segundo Briant e colaboradores (2013)<sup>[2]</sup> “O estudo de traços de concentrações de elementos metálicos e organometálicos dos sedimentos próximos a portos mostrou que as atividades da manutenção das navegações são a fonte de uma séria contaminação de Cu, Zn, Pb, Hg e TBT dado o intenso uso passado e presente das tintas anti-incrustantes”.

Nessa revisão as embarcações consideradas na avaliação dos artigos são as de Longo Curso que, de acordo com marinha brasileira, são navios petroleiros, plataformas ou FPSO (Unidade flutuante de armazenamento e transferência) e embarcações de transporte de contêineres.<sup>[3]</sup>

Neste contexto, a presente revisão tem como objetivo apontar os respectivos focos, revistas, número de artigos no período pesquisado e a tendência de origem dos artigos analisados após o tratamento com critérios de exclusão.

## 2. METODOLOGIA

Para realização da revisão foi utilizada a combinação entre as palavras-chaves: “underwater hull”, “fouling removal”, “toxic\*”, “FPSO hull”, “Marine Fouling”, “cleaning of vessel”, “cleaning”, “fouling”, “FPSO cleaning”, “hull fouling”, “FPSO”, “review”, “marine pollution”, “Hull”, “contamination”, “Chemical Contamination”, “watercraft cleaning”, “vessels cleaning”, “biosecurity”, “Biofouling”, “vessel hull”, “FPSO hull cleaning”, “Invasive species”, “vessel water”, “platform hull cleaning”, “vessel” e “platform hull”.

Foram realizadas buscas nas bases de periódicos: Web of Science, periódicos Capes, Google acadêmico e PubMed, no período de 1998 a 2018 e em alguns casos, foi efetuada a busca abrangendo todo o período disponível nas bases.

Foram encontrados no total 910 artigos nas plataformas pesquisadas e aplicados os seguintes critérios de exclusão na seleção dos artigos:

- Retirada de publicações que não tinham o artigo completo disponível;



- Aderência aos objetivos da pesquisa informacional.
- Publicações com duplicidade nas diferentes plataformas;

Após o tratamento foram identificados 33 artigos os quais foram ordenadas e agrupadas em uma planilha e, posteriormente, estas informações foram combinadas para compor os resultados que expomos a seguir.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado proveniente da combinação entre as palavras-chaves utilizada para revisão está presente no Quadro 1.

Quadro 1 – Combinação das palavras chaves utilizadas. Fonte Própria.

| Palavras chaves                                  | Base            | Período     | Resultados |
|--|-----------------|-------------|------------|
| (underwater hull) + (fouling removal) + (toxic*) | Web of science  | 1998 - 2018 | 2          |
| (cleaning of vessel) + (fouling) + (toxic*)      | Web of science  | 1998 - 2018 | 4          |
| (hull fouling) + (toxic*)                        | Web of science  | 1998 - 2018 | 56         |
| (hull fouling) + (toxic*) + (review)             | Web of science  | 1998 - 2018 | 6          |
| (hull fouling) + (toxic*) + (marine pollution)   | Web of science  | 1998 - 2018 | 9          |
| (hull fouling) + (toxic*) + (contamination)      | Web of science  | 1998 - 2018 | 11         |
| (watercraft cleaning) + (fouling)                | Capes periódico | 1998 - 2018 | 21         |
| (vessels cleaning) + (biosecurity)               | Capes periódico | 1998 - 2018 | 131        |
| (hull cleaning) + (biosecurity)                  | Capes periódico | 1998 - 2018 | 71         |
| (FPSO hull cleaning) + (Fouling)                 | Capes periódico | 1953 - 2018 | 5          |
| (FPSO hull cleaning) + (Contamination)           | Capes periódico | 1953 - 2018 | 8          |
| (FPSO hull cleaning) + (Toxic)                   | Capes periódico | 1953 - 2018 | 5          |
| (FPSO hull cleaning) + (biosecurity)             | Capes periódico | 1953 - 2018 | 2          |
| (FPSO hull) + (marine pollution)                 | Capes periódico | 1953 - 2018 | 52         |
| (FPSO hull cleaning) + (marine pollution)        | Capes periódico | 1953 - 2018 | 9          |
| (FPSO hull cleaning) + (Chemical Contamination)  | Capes periódico | 1953 - 2018 | 6          |
| (FPSO hull cleaning) + (Invasive species)        | Capes periódico | 1953 - 2018 | 6          |
| (platform hull cleaning)                         | Web of science  | 1945 - 2018 | 15         |



|                                     |                |             |     |
|-------------------------------------|----------------|-------------|-----|
| (platform hull) + (Biofouling)      | Web of science | 1945 - 2018 | 8   |
| (Offshore) + (Marine Fouling)       | Web of science | 1945 - 2018 | 72  |
| (FPSO) + (Cleaning)                 | Web of science | 1945 - 2018 | 8   |
| (FPSO) + (Hull)                     | Web of science | 1945 - 2018 | 205 |
| (hull cleaning) + (fouling)         | PubMed         | 2008 - 2018 | 11  |
| (hull) + (fouling)                  | PubMed         | 2008 - 2018 | 50  |
| (vessel hull) + (fouling)           | PubMed         | 2008 - 2018 | 16  |
| (vessel water) + (fouling)          | PubMed         | 2008 - 2018 | 17  |
| (vessel) + (fouling)                | PubMed         | 2008 - 2018 | 38  |
| (vessel) + (chemical contamination) | PubMed         | 2008 - 2018 | 43  |
| (vessel) + (biosecurity)            | PubMed         | 2008 - 2018 | 23  |

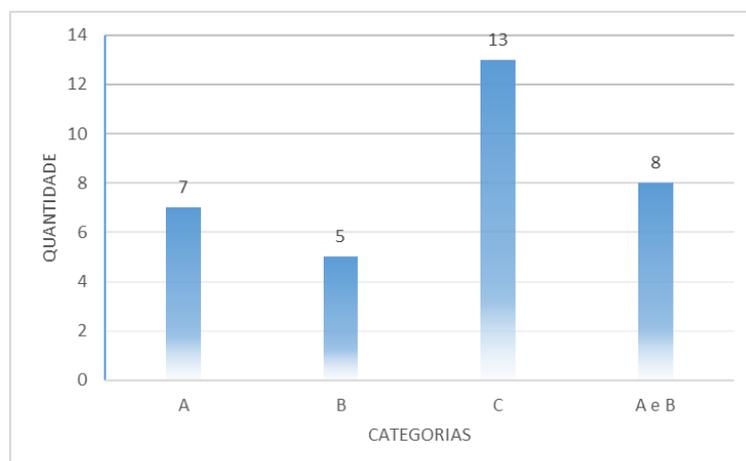
Os artigos foram agrupados em categorias de acordo com seus objetivos, fontes de publicação e frequência anual de publicações.

Sobre seus objetivos, as categorias são:

- A. Caracterizar os riscos e problemática da realização de remoção de incrustações.
- B. Identificar os potenciais impactos ambientais gerados no descarte de resíduos do processo de limpeza das embarcações no ambiente marinho.
- C. Apresentar as principais alternativas tecnológicas para mitigar os impactos ambientais relativos às operações nas embarcações.

Ainda foi possível apontar a presença de artigos que abordaram duas categorias ao mesmo tempo, o gráfico 1, abaixo, demonstra como foi feita a organização:

Gráfico 1 – Numero de artigos em relação as categorias: A. Caracterizar os riscos e problemática; B. Identificar os potenciais impactos ambientais; C. Apresentar as principais alternativas tecnológicas para mitigar os impactos. Fonte Própria.

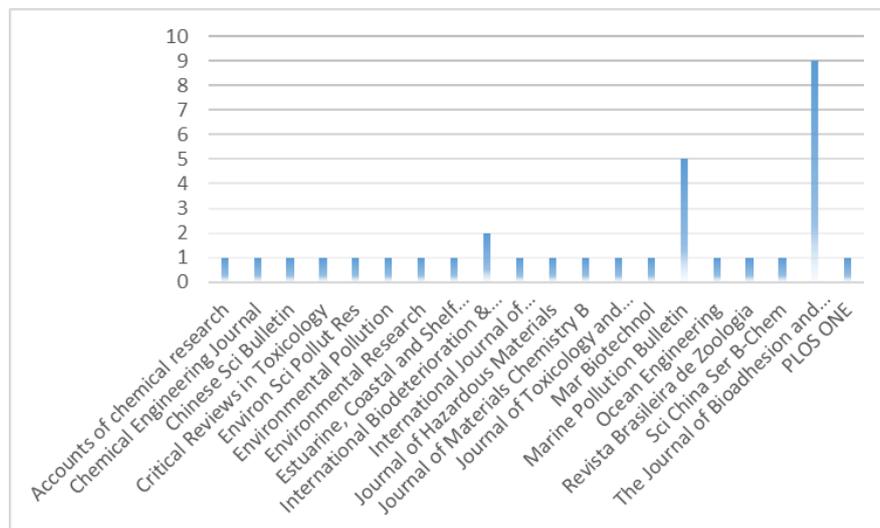




A partir da análise do Gráfico 1 é possível observar da amostra de artigos coletados que a maioria aborda a caracterização dos riscos e das alternativas tecnológicas para mitigar os impactos ambientais relativos às operações nas embarcações, desta forma, verifica-se grande interesse de reduzir os impactos econômicos quanto as incrustações como poluição marinha, isso se dá pela tendência do mercado a seguir as legislações quanto à proibição de uso tintas anti-incrustantes de acordo com a Resolução de 2008 - 2009 IMO<sup>4</sup> (International Maritime Organization) sobre TBT, que descreve a proibição deste, após sua identificação como altamente prejudicial ao ecossistema marinho em todo mundo há mais de três décadas.

Considerando as revistas “The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research” e “Marine Pollution Bulletin” como obtentoras de maior número de publicações, como observa-se no Gráfico 2, identifica-se um aumento do interesse acadêmico pela remoção das incrustações nas embarcações, visto que estas publicações expõem a criação de novas tecnologias para prevenção das incrustações das embarcações e a análise de danos ao meio ambiente através do resíduo de tintas ou da destruição ambiental por espécies invasoras.

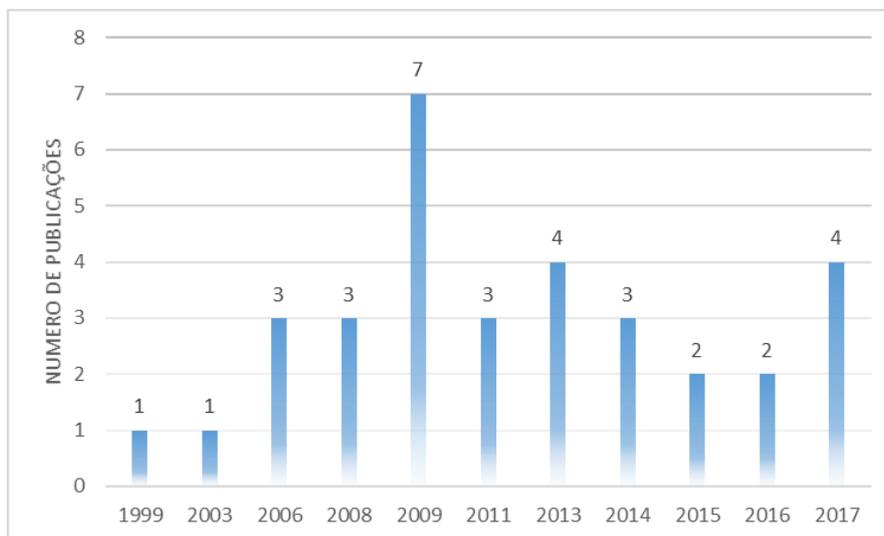
Gráfico 2 – Numero de artigos em relação as revistas. Fonte Própria.



A variação anual das publicações do gráfico 3 identifica picos nos anos de 2009, 2013 e 2017, sendo o primeiro período o limite máximo para postergação de uma resolução internacional começada desde 1990 pela IMO<sup>[4]</sup>.



Gráfico 3 – Numero de artigos em relação ao tempo. Fonte Própria.



Segundo a IMO<sup>[4]</sup> “A Resolução de outubro de 201 exigiu uma proibição global da aplicação de compostos organoestânicos que atuam como biocidas em sistemas anti-incrustantes em navios até 1 de janeiro de 2003, e uma proibição completa até 1º de janeiro de 2008, conseguindo após doze meses atingir mais de 25% do transporte mercante do planeta com 25 países signatários”. Os efeitos das medidas da resolução podem ser observados, por exemplo, no Reino Unido e Brasil.

Através do regulamento do transporte comercial (sistemas de anti-fouling) 2009 nº 2796, cujo memorando explanatório<sup>[5]</sup> do mesmo ano que ressalta “Estes regulamentos garantem que as disposições de aplicação necessárias estão em vigor ao aplicar o Regulamento Europeu (CE) nº 782/2003 relativo à proibição da administração de compostos em navios (The European Regulation)”. Foi determinado um regulamento europeu que proíbe navios de ter tintas anti-incrustantes à base de compostos organoestânicos aplicadas aos seus cascos ou outras superfícies externas, e que estabelece um regime de vistoria e certificação em relação ao uso de anti-incrustantes.

No Brasil, o Decreto<sup>[6]</sup> nº 8.345, de 13 de novembro de 2014 – que trata da convenção internacional sobre controle de sistemas anti-incrustantes danosos em navios, adotada pela organização marítima internacional - traz no artigo 5º Controle de Resíduos que “levando em consideração regras, padrões e requisitos internacionais, deverá tomar medidas adequadas em seu território para garantir que os resíduos da aplicação ou remoção de um sistema anti-incrustante controlado, sejam coletados, manuseados, tratados ou despejados de maneira segura, de modo a proteger a saúde humana e o meio ambiente”.

Desse modo, os artigos em geral se devem a pesquisas para novas tintas anti-incrustantes desprovidas dos compostos proibidos pela resolução (TBT, Cobre e muitos outros compostos muito usados foram então determinados como ilegais).

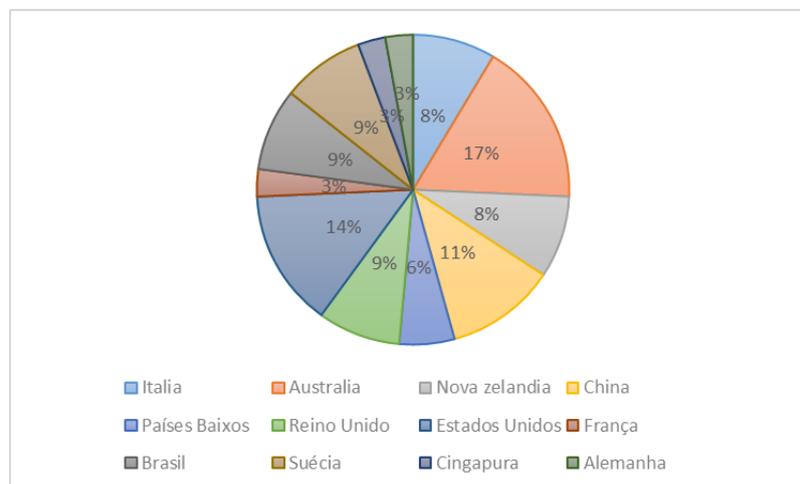


Também pode ser observado artigos sobre os efeitos do TBT mesmo após as medidas estarem em execução e sobre a resolução em si.

Já os picos de 2013 e 2017 revelam-se relacionados a artigos com desenvolvimento de novas tecnologias, como a utilização de ultrassom, luz ultravioleta e novas composições de tintas anti-incrustações, com o intuito de priorizar a prevenção das incrustações.

A origem da maioria destes artigos é de países com grande envolvimento no comércio marinho e no petróleo como é o caso da Austrália e dos Estados Unidos e da China, quanto o restante dos artigos, provém da Europa, como é possível observar no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Países de origem dos artigos em porcentagem. Fonte Própria.



Além disso, é necessário ressaltar que os autores são diferentes para todos os artigos envolvidos na revisão com exceção de um grupo de pesquisadores chineses que se repetiu duas vezes somente.

#### 4. CONCLUSÃO

As mudanças na legislação mundial afetaram todos os países que utilizaram em seus portos componentes como o TBT nas tintas anti-incrustantes, de forma que após a postergação da resolução IMO findar-se a busca por redução de custos e de efeitos danosos ao meio ambiente acabou por impulsionar o desenvolvimento de estudos acerca das incrustações biológicas de embarcações e visando, principalmente, uma forma mais sustentável e economicamente viável para a remoção.

A presente revisão sintetiza que na atualidade o foco dos artigos trata-se de apresentar os impactos gerados pelos anti-incrustantes compostos por TBT e outros poluentes, bem como sobre as novas tecnologias, visando a prevenção das incrustações no casco de plataformas e navios de longo curso. Os tipos de revistas mais populares são as “Marine Pollution Bulletin” e “The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research”, que focam nas problemáticas de danos e tecnologias, apontando que a tendência na atualidade é a substituição do uso de biocidas nas tintas anti-



incrustantes por meios de prevenção e inativação dos organismos. Percebe-se uma ausência de abordagens referentes ao tratamento dos resíduos atualmente gerados pelos meios presentes de limpeza dos cascos das navegações.

Portanto é possível demonstrar um aumento da quantidade de estudos referentes a incrustações e, conseqüentemente, que o setor se mostra mais aberto às novas possibilidades quanto a remoção sustentável e a possibilidade de linhas de pesquisa quanto ao tratamento dos resíduos.

## 5. REFERÊNCIAS

<sup>1</sup> IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Plano Setorial para os Recursos do Mar, **Grupo de Trabalho Coral-Sol – Relatório Final**, Disponível em <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/consultapublica/2018/2018-01-19-GT-Coral-Sol-RelatorioFINAL.pdf>. Acesso em 04/2018.

<sup>2</sup> Briant , N., Bancon-Montigny , C., Elbaz-Poulichet , F., Freydier, R., Delpoux, S., Cossa, D., **Trace elements in the sediments of a large Mediterranean marina (Port Camargue, France): Levels and contamination history**, Marine Pollution Bulletin, Vol.73, 78–85, 2013.

<sup>3</sup> MARINHA DO BRASIL, DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS, **DPC-Marinha-NORMAM-01**, Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/transporte/documentos/DPC-Marinha-NORMAM-01.pdf>, acesso em 06/2018.

<sup>4</sup> IMO - International Maritime Organization, **Focus on IMO**, Anti-fouling systems, disponível em: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Anti-foulingSystems/Documents/FOULING2003.pdf>, acesso em 06/2018.

<sup>5</sup> Reino Unido, **Explanatory memorandum to the merchant shipping (anti-fouling systems) regulations 2009**, disponível em: [http://www.legislation.gov.uk/uksi/2009/2796/pdfs/uksiem\\_20092796\\_en.pdf](http://www.legislation.gov.uk/uksi/2009/2796/pdfs/uksiem_20092796_en.pdf), acesso em 06/2018.

<sup>6</sup> BRASIL, **DECRETO Nº 8.345, DE 13 DE NOVEMBRO DE 2014**, disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2014/decreto-8345-13-novembro-2014-779582-publicacaooriginal-145389-pe.html>, acesso em 06/2018.